

# 手套、吸塵器與麵包蟲——誰來幫海洋大掃除？（下）

文／胡介申（荒野保護協會棲地守護部海洋守護專員，自然名：螃蟹）



2009 年信天翁雛鳥與塑膠垃圾的照片在網路流傳，「兩個德州大的太平洋垃圾帶」開始在人們腦海中以不同方式打轉，創造許多針對「海洋塑膠汙染」的發明，但何者才是「最佳解決方案」？本文希望能用科學的角度、海水的尺度與歷史的維度協助有志於「清理海洋」的朋友，建構自己心中的那片垃圾渦流。（續上篇，請參見荒野快報第 287 期）

## 市售工具一覽

從洗手刷牙到洗衣拖地，人類對骯髒的恐懼與乾淨的渴望似乎已溶入基因。賣場裡，各類清潔用品佔據近一半的貨架。以下為今日能實際清理海洋的工具：

### 一、人力清理

#### 1. 暢銷經典：手套、夾子與垃圾袋

淨灘三寶是全球 50 萬名「國際淨灘行動」<sup>註 1</sup>志工的基本裝備，紀錄表格與磅秤則是為了收集海洋廢棄物的數據。

#### 2. 進階裝備：太空袋與大型清運載具

許多熱門淨灘點因為過於乾淨，經常讓熱血

志工敗興而歸，但臺灣本島與離島仍有蘊藏巨量垃圾的隱密海灘，想挑戰這樣的高強度淨灘，需要俗稱太空袋或噸袋的工業用集裝袋，甚至因地形搭配小艇、直升機使用。「阿拉斯加灣守護者」致力在無人之境與人類垃圾奮戰，每日殺敵六噸起跳，一年戰果要靠大型拖船運出<sup>註 2</sup>。而深受海漂垃圾襲擾的日本，淨灘更是一門事業，想入行的朋友請參考沖繩縣政府的「海岸清潔手冊」<sup>註 3</sup>。

#### 3. 特殊裝備：水肺、潛水刀、浮力袋

PET（1 號塑膠）、未發泡的 PS（6 號塑膠）、尼龍（漁網、繩索）等塑膠比海水重<sup>註 4</sup>，海底才是它們的集中營。要打撈水下的垃圾，可參考環境資訊協會出版的「淨海手冊」<sup>註 5</sup>。若想靠淨灘發點橫財，金屬探測器能助你找出海浪藏在沙灘中的戒指與項鍊<sup>註 6</sup>。

### 二、機械與設施

#### 1. 沙灘清潔車（Sand Cleaning Machine）

俗稱「Sandboni」<sup>註 7</sup>的沙灘清潔車一台抵百



人，是濱海渡假村的最佳員工，用耙梳或篩濾的原理把細沙中的垃圾、石頭、枝葉分離，有獨立操作、曳引機牽引或單人自走式。如果忽略螃蟹與海鷗媽媽無聲的抗議，缺點是對大件的漂流木與漁網沒轍。金門縣政府 10 年前採購兩台抵擋對岸海漂垃圾搶灘，已累積豐富實戰經驗<sup>註 8</sup>。

## 2. 垃圾清潔船（Trash Skimmer Boat）

地方政府以清潔船打撈河川與港口漂浮垃圾行之有年，但這項苦差事常被當成都市的背景程式默默執行，但其實它們也是信天翁與海龜的守護者，基隆港觀景平台旁常停泊兩艘橘／綠塗裝的清潔船<sup>註 9</sup>，高雄愛河也有一艘「環保 75 號」<sup>註 10</sup>，能夠像鯨鯊一般大口吞食垃圾。美國巴爾的摩港固定式的「Mr. Trash Wheel」<sup>註 11</sup> 則是靠太陽能與水力驅動。

## 3. 下水道、汙水截流與淨化設備

如果不停在海洋垃圾裡找尋汙染源，最後可能是某個水溝蓋或馬桶蓋。下水道與汙水處理系統能攔阻垃圾入海<sup>註 12</sup>，但高昂的造價就像海洋生物買不起的 PM2.5 空氣濾清器，這套百年技術能否分離洗面乳與磨砂膏中微小的塑膠柔珠（microbeads）<sup>註 13</sup> 與衣物的人造纖維（也是塑膠）<sup>註 14</sup>，卻受到質疑。

## 研發階段的新發明

目前網路上流傳的各種創新方案都尚未量產，但凸顯海洋塑膠吸引各領域專家投入，其中的清理效益、產品本身的塑膠用量、誤捕海洋生物、船隻航行安全等面向的問題，都受到許多評論。

## 1. The Ocean Cleanup

荷蘭青年 Boyan Slat 以「讓海洋清理自己」為口號，計畫以 100 公里長的攔油索錨定在海床，被動攔截洋流輸送的塑膠<sup>註 15</sup>。已陸續完成各項前期研究，預計 2016 年第二季在荷蘭安置第一組近岸設施，打撈太平洋漂浮微塑膠的原始設計則規劃在 2020 年實現。

## 2. 細菌與麵包蟲

2016 年 3 月一篇刊登於學術期刊《Science》的研究發現一種細菌能以酵素分解 1 號塑膠 PET（寶特瓶與聚酯纖維）<sup>註 16</sup>。史丹佛科學家<sup>註 17</sup> 與臺灣高中生<sup>註 18</sup> 也發現麵包蟲（黃粉蟲）腸道中的共生菌能消化 6 號塑膠保麗龍（EPS）。

## 3. 太陽能海洋吸塵器：SeaVax

英國公司設計的垃圾清潔船，動力使用太陽能與風能，吸入海水後利用離心力過濾塑膠<sup>註 19</sup>。

## 4. 海洋垃圾桶：Seabin Project

由兩位澳洲衝浪客所研發，裝置在遊艇港浮動碼頭，宣傳影片顯示漂浮垃圾可自動被吸入與過濾。動力來源是一具抽水馬達與岸邊的電源插座<sup>註 20</sup>。

## 5. 淨海比基尼

美國學者 Mihri Ozkan 與建築師事務所 Eray Carbajo 設計了可吸附海水有毒物質的比基尼泳衣，希望游泳者能一邊戲水一般淨化海洋<sup>註 21</sup>。

## 「最佳清理方案」V.S.「最佳解決策略」

孫子兵法提到「上兵伐謀，其次伐交，其次伐兵，其下攻城」，顯示近身肉搏乃是下下之策。海洋廢棄物包含海洋生物、海洋物理與環境化學等學科，但一路往汙染源追溯，更涉及廢棄物管理、消費者行為、生產者衍生責任、商業設計與高分子化學，也是全球商業模式與消費性商品發展後的衍生議題。關注政策遊說的環保人士 Stiv Wilson 接受訪問時表示打撈海洋微塑膠就像拿吸塵器對付空氣汙染一般不著邊際<sup>註 22</sup>，太平洋垃圾帶的發現者 Charles Moore 則以修補臭氧層破洞<sup>註 23</sup> 的案例來解釋源頭管制的重要：「我們不用派童子軍拿水槍到大氣層表面驅離氟氯碳化物



▲ 淨灘三寶：手套、夾子、垃圾袋

（CFCs），我們只是在五金行禁用了髮膠罐。」<sup>註 24</sup>。

平心而論，當一件垃圾被任意丟棄開始旅行時，我們若在街角完整撿起它，遠比破碎後到海上過濾容易，但多數民眾卻是因為對湛藍海水的美好想望，從海中央開始關心垃圾過量議題。如果塑膠的製造、消費與管理者三方能共同運用這股民氣，攜手阻斷各種廢棄物進入海洋的管道<sup>註 25</sup>，或許將是潔淨海洋的最佳策略<sup>註 26</sup>。♻️



<sup>註 1</sup> 國際淨灘行動的主辦單位 Ocean Conservancy, <http://goo.gl/WM9WrD>

<sup>註 2</sup> Gulf of Alaska Keeper: Cleaning the Final Frontier, <http://www.goak.org>

<sup>註 3</sup> 沖繩縣政府《海岸清潔手冊專業篇》，<http://goo.gl/CJUjNf>

<sup>註 4</sup> 各類塑膠密度（海水密度約為 1.02），<http://goo.gl/fdQyX8>

<sup>註 5</sup> 環境資訊協會《淨海手冊》，<http://goo.gl/9VJsFp>

<sup>註 6</sup> 〈如何使用金屬探測在沙灘尋寶〉，<http://goo.gl/XZ2AwG>

<sup>註 7</sup> 維基百科，sandboni, <https://goo.gl/423AE8>

<sup>註 8</sup> 大紀元〈金門五鄉鎮展開淨灘行動清除中國製垃圾〉，<http://goo.gl/jtWDnR>

<sup>註 9</sup> 中視全球資訊網〈垃圾船穿梭基隆港 撈垃圾還救過人〉，<http://goo.gl/9VvrTL>

<sup>註 10</sup> 自立晚報〈愛河清潔打撈船環保 75 號啟航〉，<http://goo.gl/7vQsN9>

<sup>註 11</sup> Mr. Trash Wheel, <http://goo.gl/GDqT5C>

<sup>註 12</sup> 行政院環保署〈陸源污染造成海洋垃圾之因應對策〉，<http://goo.gl/MF4m73>

<sup>註 13</sup> *Water Research*, 2016, Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment

<sup>註 14</sup> 清洗一件刷毛衣可流出 100 萬根人造纖維，<http://life-mermaids.eu>

<sup>註 15</sup> The Ocean Cleanup 官方網站，[www.theoceancleanup.com](http://www.theoceancleanup.com)

<sup>註 16</sup> *Science*, 2016, A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate)

<sup>註 17</sup> *Environmental Science & Technology*, 2015, Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms

<sup>註 18</sup> 大紀元〈高二生從麵包蟲發現紅菌 保麗龍被分解〉，<http://goo.gl/ScSbn3>

<sup>註 19</sup> SeaVax 官方網站，<http://goo.gl/HIF7kp>

<sup>註 20</sup> Seabin Project 官方網站，<http://www.seabinproject.com>

<sup>註 21</sup> TechNews 科技新報〈穿上環保比基尼，玩水兼保護環境〉，<http://goo.gl/scioyY>

<sup>註 22</sup> 關注塑膠汙染的組織 5 Gyres 認為描述海洋的 Garbage Patch（垃圾帶）會造成認知上的誤解，海中的塑膠霧霾（Plastic Smog）是比較適切的比喻。<http://goo.gl/5k7miB>

<sup>註 23</sup> CFCs 主要使用於冷媒與壓縮噴霧容器中的噴射劑（如殺蟲劑或髮膠），1976 年 CFCs 被確定為臭氧層破洞的主因後，1987 年的蒙特婁議定書確定了減量目標，在替代材質被發明後，世界最大的 CFCs 製造商也在 1993 年停止生產，參考維基百科，<https://goo.gl/Y3P7da>

<sup>註 24</sup> 關於 Stiv Wilson 與 Charles Moore 之評論參考美國廣播公司之報導

Is Boyan Slat's idea to clean plastic from the oceans fatally flawed?, <http://goo.gl/Wpqlvu>

<sup>註 25</sup> 荒野保護協會，臺灣海洋廢棄物來源地圖，<https://goo.gl/CPVKLO>

<sup>註 26</sup> 關於全球海廢議題的解決策略，目前僅有少數區域性國際公約有相關規範（如東北大西洋環境保護公約，OSPER）。2011 年 UNEP 與 NOAA 於夏威夷主辦第五屆國際海廢論壇，來自 35 國的政府官員、學術單位與企業代表於會中完成的檀香山策略（Honolulu Strategy），針對減少陸源性、海源性廢棄物的數量與影響、與清除各種海洋環境中堆積的廢棄物提出 18 項策略。目前國際間海洋廢棄物的相關合作均以此共識為基礎。相關國際、區域或國家層級的法規彙整請參考海廢專書的管理篇章：*Marine Anthropogenic Litter*, 2015, Regulation and Management of Marine Litter.